

実執務環境における知的照明システムの性能

三木光範, 吉形允晴*, 廣安知之, 田中慎吾 (同志社大学)

Performance of the Intelligent Lighting System for an actual workspace

Mitsunori Miki, Mitsuharu Yoshikata*, Tomoyuki Hiroyasu, Shingo Tanaka (Doshisha University)

1. はじめに

近年, オフィス照明が, ワーカーに与える影響が注目されている⁽¹⁾. 我々は, オフィスワーカーが求める明るさに個人差があると考えており, 個人に適した光環境を提供することで, ワーカーの知的生産性および創造性の向上, 疲労軽減などを期待している. また, これまでオフィスでは全体を均一な光環境にすることが良いとされてきたが, 我々は個別な光環境を提供することで, 照明制御による省エネルギー性へも繋がると考えている. これらのことから, 我々は任意の場所に, ユーザが要求する照度を提供可能とする知的照明システムの研究開発を行っている⁽²⁾.

本報告では, 実執務環境において行った実証実験の結果から, 本システムの有効性について述べる.

2. 知的照明システム

〈2.1〉 システムの概要 知的照明システムでは, 各ユーザが照度センサを所持する. 各ユーザは, 照度センサに対し目標となる明るさ (照度) を設定することで, ユーザごとに要求する光環境を提供するシステムである. 図1に示すように, 1つのネットワークにこれらの照度センサ, 電力計および照明を接続することで, 照度および電力情報を各照明が取得する. また, 各照明は次項に示す自律分散制御アルゴリズムに従い, 環境に合わせた調光制御が可能となる. 各照明は, 各ユーザの所持する照度センサを要求される照度値になるよう, また省電力な状態になるよう自身の光度を制御する.

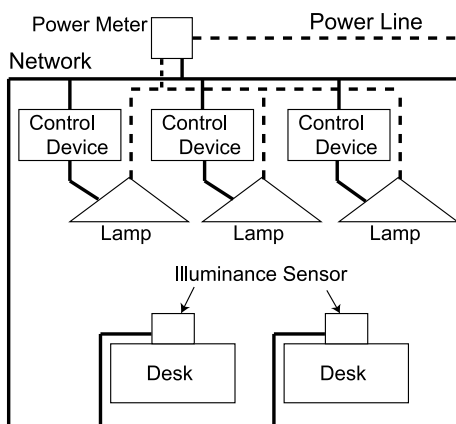


図1 知的照明システムの構成

Fig. 1. Construction of Intelligent Lighting System

〈2.2〉 制御アルゴリズム

知的照明システムの制御アルゴリズムでは, 最適手法の山登り法をベースとしており, 設計変数 (各照明の光度) を変化幅内 (以下, 近傍) で, ランダムに変更する⁽²⁾. また, 式1に示すように, 目的関数を電力量 P に各照度センサの目標値との誤差 g をペナルティ法により加算したものとする.

$$f = P + w \sum_{j=1}^n g_j \dots\dots\dots (1)$$

$$g_j = \begin{cases} 0 & 0 \leq (Lc_j - Lt_j) \\ C_j(Lc_j - Lt_j)^2 & (Lc_j - Lt_j) < 0 \end{cases}$$

P :消費電力量, w :重み, Lc :現在照度, Lt :目標照度, C :影響度, j :センサ番号

そして, 各照明は自身の光度を1秒に1回程度変化させることで, その際の照度および電力情報から目的関数の評価を行い, 目的関数の最小化を行う. なお, C は各照度センサに対する照明の影響度 (光度と照度の相関係数) を示しており, 各照明の照度センサへの関係性を考慮して目標誤差の重み付けを行っている. 以下にアルゴリズムの流れを示す.

- (1) 照度情報と消費電力をネットワークを介して取得し, 現在光度における目的関数の評価を行う.
- (2) 影響度と照度情報を基に近傍を決定する.
- (3) 近傍内で次光度をランダムに生成し, 照明をその光度で点灯させる.
- (4) 照度情報と消費電力をネットワークを介して取得し, 次光度における評価を行う.
- (5) 照明の光度変化量および照度センサの照度変化量を用いて相関係数を計算する.
- (6) 評価値が改良された場合は次光度を受理し, そうでない場合は元の光度に戻す.
- (7) 上記1~6の手順を探索の1サイクルとし, 探索を繰り返す.

また, 照度センサへの影響度を基に, 各照明は自身の近傍を決定することで, 効率的な解の探索を行う.

3. 実環境における知的照明システム有効性の検証

〈3.1〉 実験概要 本システムは, これまで蛍光灯15台の実験室環境で種々の実験を行ってきた⁽²⁾が, 実際の執務環境における実証実験が課題であった. そこで, 実執務空間に知的照明システムを構築し, その検証を行う.

図2に示すように, 研究室における学生居室において10名が執務を行う環境に, 仮説天井を設けた. そこに17%か

ら 100%まで調光可能な照明 10 灯を用いて知的照明システムを構築する。被験者は 21~25 歳の学生であり、施設内にて普段通りの執務を行う。なお、実験は 2ヶ月間行い、その期間、各被験者は、執務が最もはかどる明るさを自由に設定することとする。

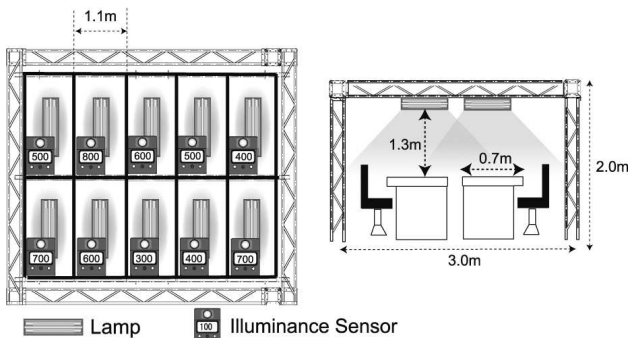


図 2 実執務空間における実験施設
Fig. 2. Experiment institution at actual workspace

〈3・2〉 実験結果 図 3 は各被験者の目標照度，光度，および照度の分布を示したものである。括弧内の数字は各照度センサの目標照度を示しており，各被験者が最適と感じる照度を実験期間中に探索したものである。また，日別の平均消費電力を図 4 に示す。1 日の消費電力は 10 時から 22 時の 12 時間の消費電力の平均値を用いた。現在，オフィスでは机上上面照度として 750 lx が推奨されており，実際のオフィスでは蛍光管の初期光度において実現される照度が 1000 lx 程度であるオフィスが多い。蛍光管の劣化が進行している状態を基準として，図 4 では照度 800 lx を電力の基準とした。

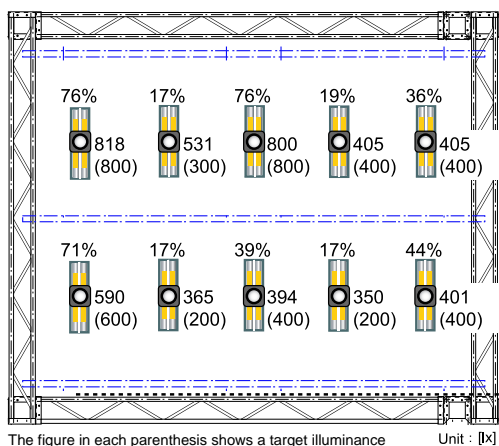


図 3 照度および光度の分布
Fig. 3. Distribution of the luminance and illuminance

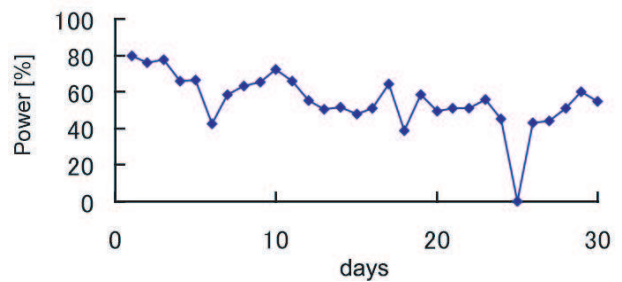


図 4 消費電力
Fig. 4. Daily power consumption

〈3・3〉 システムの検証

〈3・3・1〉 目標照度の実現性 図 3 より，300 lx 以下の低照度に目標を設定している被験者を除いて，各被験者の目標照度との誤差は 18 lx 以下であった。このことからわかるように，ほぼユーザが要求する目標の値を実現できたといえる。また，目標の実現が適わない照度に関しては，各照度センサに一番近隣の照明の光度が最小の 17 % で点灯しており，システム上実現可能な目標照度をほぼ満たしていることが確認できた。なお，隣接する目標照度の差においては，周囲が 800 lx と高照度の場所においては，約 200 lx 程度の差を実現できたが，周囲が低照度の場所においては，照明器具の下限値の関係上，100 lx 程度の差しか実現不可能であった。なお，この問題に関しては調光範囲がより広い照明器具を用いることで解消できると考える。

〈3・3・2〉 省エネルギー性の検証 図 3 より，800, 600 lx を目標照度とする場所付近の照明は，71~76 % と比較的高い光度で点灯している。また，400 lx を目標照度とする場所付近では，一部隣接する 800 lx の高照度の目標により，19 % の低光度の照明が存在するが，その他は 36~44 % となっている。また点灯の必要がない場所付近の照明においては，ほぼ最小点灯の 17 % で点灯していることから，省エネルギーを考慮した適切な照明点灯パターンを実現できることが確認できる。また，図 4 に示す 1ヶ月間の消費電力量の遷移においても，従来の照明環境に比べて約 4~5 割の電力削減が確認できた。

参考文献

- (1) 大林史明, 富田和宏:「オフィスワークの生産性向上のための環境制御法の研究-照明制御法の開発と実験的評価」, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2006, Vol.1, No1322, pp151-156, 2006
- (2) 三木光範:「知的照明システムと知的オフィス環境コンソーシアム」, 人工知能学会, Vol.22, No3, pp.399-410, 2007